

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Разработка простой и эффективной системы управления (СУ) вентильно-реактивным электродвигателем (ВРД) является актуальной задачей, поскольку в промышленности нарастают объемы использования двигателей этого типа, а основные негативные аспекты эксплуатации, как вибрация и колебания сохраняются.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В качестве объекта управления был выбран вентильно-реактивный четырёхфазный электродвигатель для аппаратов искусственной вентиляции лёгких, разработанный «Одесским национальным политехническим университетом» под руководством д.т.н. проф. Рымши В.В. [3,4] Математические модели подобных двигателей были представлены ранее в статьях [1, 2].

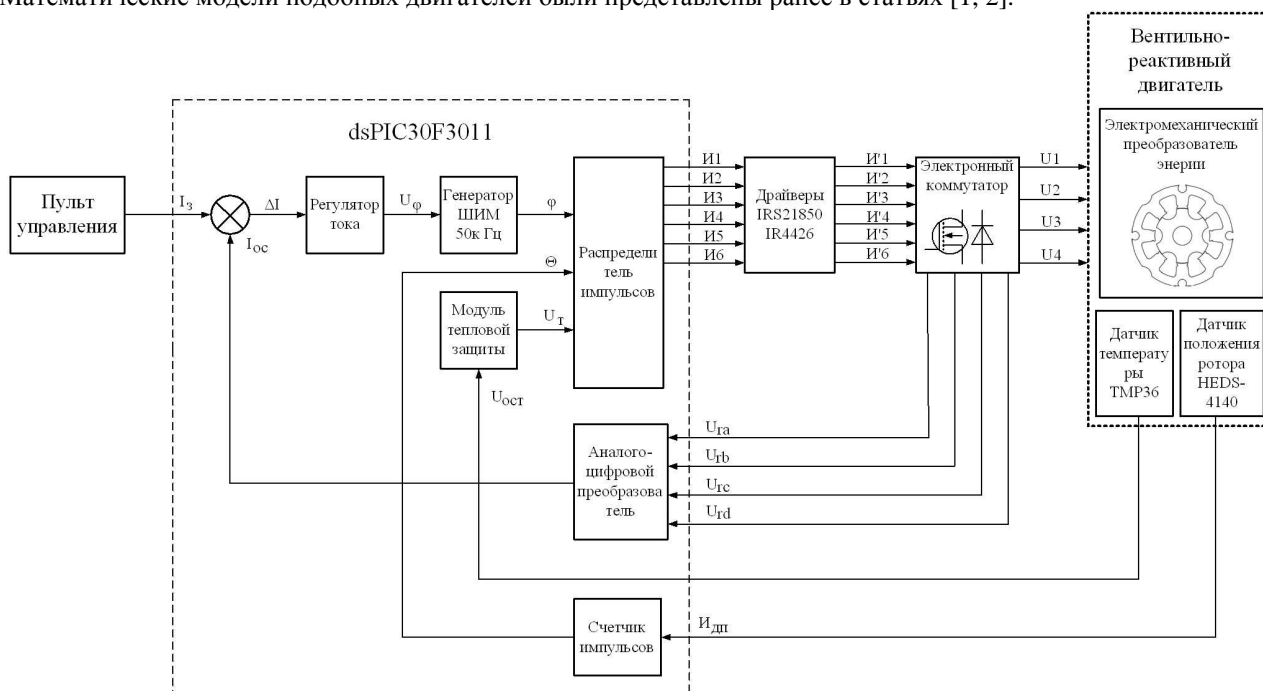


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления ВРД

Реализованная СУ для данного ВРД приведена на рисунке 1. При её разработке одной из задач было максимальное упрощение схемных решений путём сведения количества компонентов к минимуму путем объединения отдельных узлов схемы. Примером может служить применение микроконтроллера dsPIC30F3011 фирмы Microchip, специально предназначенного для решения подобного рода задач и цифровой обработки сигнала. Многие элементы схемы, такие как АЦП, модуль управления ШИМ с шестью выходами (распределитель импульсов), модуль квадратурного энкодера (счётчик импульсов), уже входят в состав микроконтроллера, благодаря чему основные программно решаемые задачи были переложены на аппаратную часть, что позволило разгрузить центральный процессор, отведя оставшееся время под реализацию различных методов управления, в том числе и с применением сложных математических вычислений.

Формируемая микроконтроллером ШИМ через драйверы верхних (IRS21850) и нижних (IR4426S) полевых транзисторов типа IRF7853 передается к схеме коммутации (рисунок 2).

В данном случае используется схема с общими для двух соседних фаз верхними ключами, работающими в режиме ШИМ.

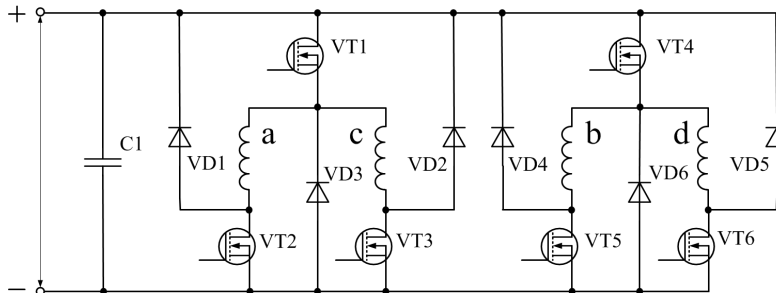


Рисунок 2 – Схема коммутации

С помощью такого преобразователя реализуется одиночная симметричная коммутация фаз, представленная на рисунке 3. При использовании непосредственного регулирования тока в фазе его форма будет иметь вид, показанный на рисунке 4.

Режимы на рисунке определяются состоянием полевых транзисторов, задающих путь протекания фазных токов (рисунок 5).

В режимах K1 и K2 нижние ключи постоянно открыты, а верхние работают в импульсном режиме. Когда верхний ключ открыт, ток от источника питания замыкается через обмотку ВРД и нарастает. При закрытом ключе ток замыкается через диод Шоттки (30BQ100), установленный параллельно каждой из обмоток. Это называется «мягкой» коммутацией.

При «жесткой» коммутации оба ключа закрываются (режим K3), и ток замыкается через источник питания. При этом время его спада значительно уменьшается, что очень важно при работе ВРД на скоростях вращения вала свыше 10000 об/мин, когда ток может не успеть снизиться до нуля и будет порождать противо-ЭДС для нового импульса напряжения в обмотке, делая невозможным дальнейшее увеличение скорости. Для контроля положения ротора, а также скорости и направления его вращения используется встроенный в конструкцию ВРД оптический инкрементальный датчик HEDS-4140, позволяющий получить 360 импульсов за один оборот вала, и сопряженный непосредственно с квадратурным энкодером микроконтроллера.

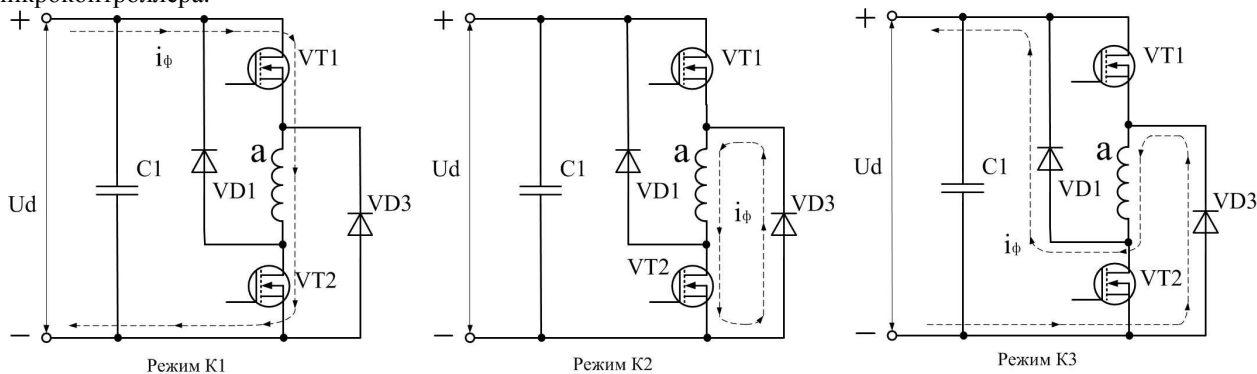


Рисунок 5 – Движение тока в фазе при различных состояниях ключей

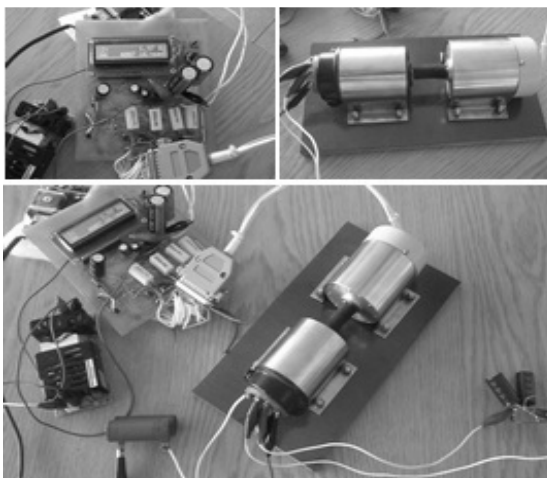


Рисунок 6 – Макетный образец системы управления ВРД

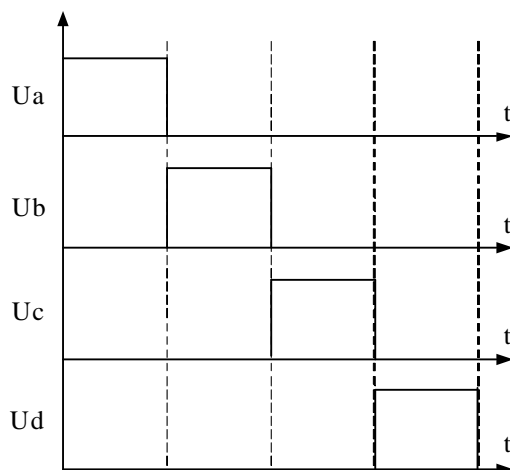


Рисунок 3 – Одиночная симметричная коммутация фаз

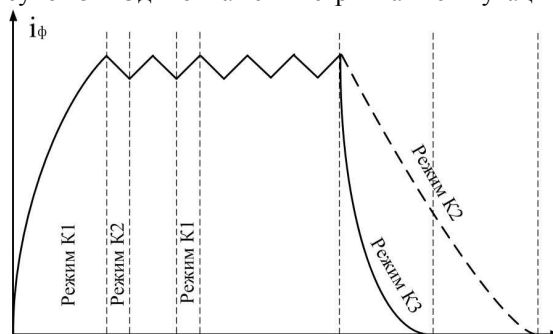


Рисунок 4 – Форма тока в фазах

Датчиками тока служат низкоомные прецизионные резисторы, напряжение с которых, предварительно отфильтрованное, измеряется АЦП. Информация о температуре обмоток ВРД снимается датчиком типа TMP36.

Внешний вид макетного образца СУ показан на рисунке 6. ВРД нагружен генератором с подключённым реостатом, что позволяет плавно изменять нагрузку. Для удобства работы с макетом предусмотрено подключение ЖК дисплея, с возможностью вывода различной информации, что особенно важно на этапе отладки.

С использованием полученного преобразователя на цифровом осциллографе типа RIGOL DS5022M были получены графики фазного тока и напряжения (рис. 7) при работе электродвигателя с регулированием тока в фазе (рис.7а) и на «естественной» механической характеристике с номинальным моментом нагрузки (рис.7б).

На полученных осциллограммах показаны ранее рассмотренные режимы К1, К2, и К3. Рабочий период фазы составляет $22,5^\circ$, с возможностью ее включения в сторону опережения, отставания и без фазового сдвига. В данном случае включение фазы производится с опережением на угол 5° . При этом ток в момент возрастания магнитной проводимости раньше успевает достигнуть необходимого значения для создания электромагнитного момента, чем в других случаях. В момент закрытия ключей (режим К3) через обратные диоды (рис.2) к обмотке прикладывается обратное напряжение, которое способствует более быстрому спадаанию тока. В неактивный период работы фазы, когда к ней не подводится напряжение U_d , наведенная ЭДС имеет импульсный характер и после достижения максимума медленно спадает, что говорит о быстром изменении магнитного потока в фазе ВРД.

Также с помощью макетного образца была снята естественная механическая характеристика ВРД, представленная на рис.8.

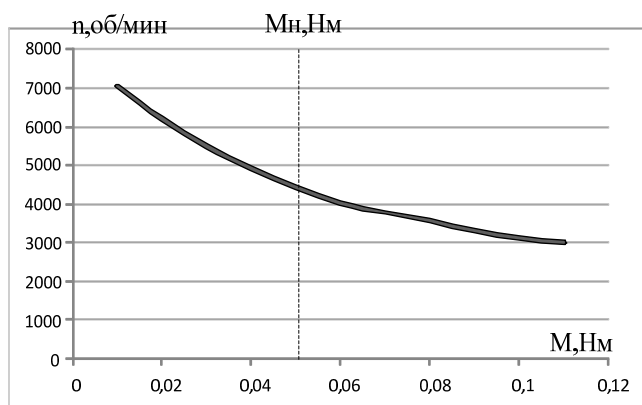


Рисунок 8 – Естественная механическая характеристика ВРД

ВЫВОДЫ. Полученные результаты показали присутствие в нерабочий период фазы наведенную ЭДС взаимной индукции, которая негативно влияет на энергетические показатели ВРД. Созданная СУ позволит в дальнейшем разработать и реализовать более эффективные способы управления ВРД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любарский Б.Г. Математическая модель реактивного индукторного трехобмоточного электромеханического преобразователя / Б.Г. Любарский, А.С. Маслий, С.Г. Бураковский, Н.А. Гордеева // Вісник НТУ «ХПІ» – 2012. – с.95-105.
2. Бураковский С.Г. Оптимизация системы управления вентильно-индукторного двигателя для стрелочного перевода / С.Г. Бураковский, Ар.С. Маслий, Ан.С. Маслий, Б.Г. Любарский, А.В.Шевкунова // Вестник РГУПС – 2013. – с.61-67.
3. Рымша В. В. Моделирование и синтез реактивных и индукторных электромеханических преобразователей : дис. д-ра техн. наук : 05.09.01 /Рымша Виталий Викторович. – Одесса, 2004. – 323 с.
4. Гулый М.В. Вентильно-реактивный электродвигатель для аппаратов искусственной вентиляции лёгких: дис. к.т.н.: 05.09.01 / Гулый Михаил Викторович. Одесса, 2010. – 169 с

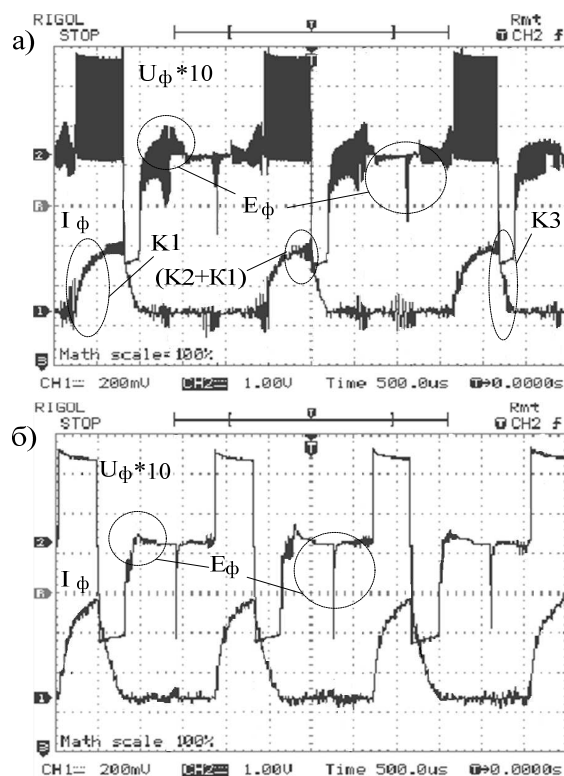


Рисунок 7 – Экспериментальные осциллограммы тока и напряжения фазы ВРД;
а) с регулирования тока в фазе,
б) на «естественной» механической характеристике.

Масштабы для тока: одна клетка по вертикали – 2 А